



Docket No.: N9460.0016/P016
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Takashi Onishi, et al.

Application No.: 10/674,467

Filed: October 1, 2003

Art Unit: N/A

For: ELECTRON BEAM LITHOGRAPHY
SYSTEM AND METHOD THEREFOR

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

MS Assignment Recordation Services
Director of the US Patent and Trademark Office
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following
prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2002-289879	October 2, 2002

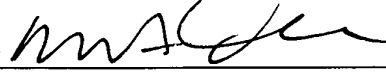
Application No.: 10/674,467

Docket No.: N9460.0016/P016

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: October 30, 2003

Respectfully submitted,

By 

Mark J. Thronson

Registration No.: 33,082

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 785-9700

Attorney for Applicant

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application : October 2, 2002
Application Number : Patent Application No. 2002-289879
Applicant (s) : Hitachi High-Technologies Corporation

Dated this 20th day of October, 2003

Yasuo IMAI
Commissioner,
Patent Office

Certificate No. 2003-3086059

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 8 9 8 7 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 8 9 8 7 9]

出 願 人 株式会社日立ハイテクノロジーズ
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫

出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 6 0 5 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 H4330

【提出日】 平成14年10月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内

 【氏名】 大西 崇

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内

 【氏名】 水落 真樹

【特許出願人】

 【識別番号】 501387839

 【氏名又は名称】 株式会社 日立ハイテクノロジーズ

【代理人】

 【識別番号】 100093492

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴木 市郎

 【電話番号】 03-3591-8550

【選任した代理人】

 【識別番号】 100078134

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 武 顕次郎

 【電話番号】 03-3591-8550

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 113584

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線描画装置と電子線描画方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 予め設定してある描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画装置において、

予め電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算し、当該計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出し、記憶しておく演算手段と、

電子ビーム描画に際して、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記演算手段から読出した前記修正データに従って修正する制御手段とが設けられていることを特徴とする電子線描画装置。

【請求項 2】 予め設定されるが変更も可能な描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画装置において、

前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算し、当該計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出する演算手段と、

前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記演算手段から読出した前記修正データに従って修正する制御手段を設け、

前記演算手段による修正データの算出が、電子ビーム描画に際して実時間で与えられるように構成されていることを特徴とする電子線描画装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は請求項 2 の何れかに記載の電子線描画装置において、

前記演算手段が、シミュレーションにより前記修正データを算出することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項 4】 予め設定してある描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画方法において、

予め電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算するステップと、

当該計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出して記憶するステップと、

電子ビーム描画に際して、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記修正データに従って修正するステップを備えていることを特徴とする電子線描画方法。

【請求項 5】 予め設定されるが変更も可能な描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画方法において、

前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算するステップと、

当該計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出するステップと、

前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記演算手段から読出した前記修正データに従って修正するステップを設け、

前記修正データの算出が、電子ビーム描画に際して実時間で与えられることを特徴とする電子線描画方法。

【請求項 6】 請求項 4 又は請求項 5 の何れかに記載の電子線描画方法において、

前記修正データを算出するステップが、シミュレーションにより前記修正データを算出するステップであることを特徴とする電子線描画方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子線による描画技術に係り、特に半導体ウェハに回路パターンを描画するのに好適な電子線描画装置及び電子線描画方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

回路パターンの形成技法の一種に電子線描画技法があり、近年、半導体ウェハの回路パターンの形成に広く適用されるようになってきているが、このときの課題は

描画精度の向上にある。

【0003】

そして、このときの描画精度、つまり半導体ウエハなどの試料上に電子線を照射する位置の精度を決定する要因には、周辺環境による外乱要因のほか、試料移動装置による試料の位置決め精度、電子ビームの偏向装置によるビーム位置制御精度、それに試料の温度変化に起因する変形が挙げられる。

【0004】

このときの試料の温度変化は主に温度の上昇であるが、その原因としては、電子ビーム照射装置に備えられている電磁コイルの発熱や試料移動機構の摩擦熱などに起因する外的な要因のほか、パターン描画のために照射される電子線から試料に与えられてしまう熱エネルギーによる温度上昇が大きな内的な要因を占めている。

【0005】

ここで、前者の外的な要因による温度上昇は、試料移動機構などの熱伝達設計の改善や冷却機構の付加によって原理的に解決しうる問題である。しかし、後者の内的な要因によるものは、そもそも電子線描画装置自体が、電子線によって試料にエネルギーを付与することが加工の基本的原理である以上、かなり解決しづらい問題であるといえる。

【0006】

電子線描画装置においては、試料は、電子線の持つ運動エネルギーによって描画される。電子線の描画精度は試料の大きさに比して非常に細かく、数ナノメートルに達するため、試料の熱膨張を含む位置ずれが大きな問題となる。

【0007】

従来の手法としては、試料への熱伝達を防ぐため、より発熱の小さな移動機構の開発、及びステージの冷却等による放熱を効率よく行うことで試料への熱伝達を防ぐ設計が行われてきた。

【0008】

しかしながら、このような試料に対する熱伝達の遮断は、電子線描画に際して試料に付与されてしまう直接的なエネルギーによる温度上昇と熱膨張には、かえ

って影響を大きくしてしまう結果となる。何故なら、電子ビームによって与えられてしまう熱を試料保持機構周辺にとどめてしまうことになり、試料の温度拡散が抑えられてしまうためである。

【0009】

この問題は、ステージに冷却水配管を設けるなど、放熱機構を備えることで改善できるが、この場合は、試料保持部と他の部分とを非接触にしなければならないとする設計に隘路を生むだけでなく、冷却に付随する遅延や冷却水の温度の安定性が新たな問題として残存するため、根本的な解決とならない。

【0010】

しかも、このように、外的な要因の一種である試料保持部からの熱について、それが試料に伝達されるのを抑えようとして断熱設計を施したとすると、上記したように、試料から外部への熱伝達が阻害され、かえって内的な要因による影響を大きくしてしまうので、これらは二律背反関係になって、解決は一層困難である。

【0011】

そこで、ある従来技術では、試料の熱膨張による影響を修正するため、試料の温度を測定すること、また、試料上に基準点を設け、基準点を参照しながら描画を行うこと、更に試料へのエネルギー付与の総和を求めて試料の絶対温度を演算によって得ることなどで、試料の熱膨張の大きさを測定乃至推定し、熱膨張による影響を抑えるようにしている(例えば、特許文献1参照。)

【0012】

【特許文献1】

特開平9-251941号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術は、試料に対して電子線が部分的に照射され、試料に部分的な温度分布をもたらしてしまう点について配慮がされておらず、熱膨張の修正精度の向上に問題があった。

【0014】

本発明の目的は、試料の熱膨張による描画ずれに対する影響を抑え、精度の高い描画が容易に得られるようにした電子線描画装置と電子線描画方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的は、予め設定してある描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画装置において、予め電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算し、当該計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出し、記憶しておく演算手段と、電子ビーム描画に際して、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記演算手段から読出した前記修正データに従って修正する制御手段とが設けられていることにより達成される。

【0016】

同じく上記目的は、予め設定されるが変更も可能な描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画装置において、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算し、当該計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出する演算手段と、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記演算手段から読出した前記修正データに従って修正する制御手段を設け、前記演算手段による修正データの算出が、電子ビーム描画に際して実時間で与えられるようにして達成される。

【0017】

このとき、前記演算手段が、シミュレーションにより前記修正データを算出するものであってもよい。

【0018】

また、上記目的は、予め設定してある描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画方法において、予め電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算するステップと、当該計算結果から電子

ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出して記憶するステップと、電子ビーム描画に際して、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記修正データに従って修正するステップを備えていることにより達成される。

【0019】

同じく、上記目的は、予め設定されるが変更も可能な描画スケジュールに従って電子ビームを走査し、試料に描画を行う方式の電子線描画方法において、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射により前記試料に現れる熱変形を計算するステップと、当該計算結果から電子ビームの照射位置に現れるずれ量の修正に必要な修正データを算出するステップと、前記描画スケジュールに従って与えられる電子ビームの照射量と照射位置の少なくとも一方を前記演算手段から読出した前記修正データに従って修正するステップを設け、前記修正データの算出が、電子ビーム描画に際して実時間で与えられるようにしても達成される。

【0020】

このとき、前記修正データを算出するステップが、シミュレーションにより前記修正データを算出するステップであってもよい。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による電子線描画装置と電子線描画方法について、図示の実施の形態により詳細に説明する。

【0022】

まず、図1は、本発明の一実施形態で、ここで、106は電子光学系、108は試料交換装置であり、広義に解せば、これらにより電子線描画装置が構成されている。そして、1は試料で、例えば回路パターンが、予め設定してある描画スケジュールに従って描画される半導体ウエハである。

【0023】

この試料1は試料保持機構2の上に保持され、移動装置104により位置決めされるが、このとき、試料保持機構2は、全体が試料交換装置(ローダ)109と

電子光学系 106 に連通されている真空容器 108 の中に納められている。

【0024】

このとき、これら移動装置 104 と電子光学系 106、それに試料交換装置 108 は、制御系 102 を介して制御用の計算機(コンピュータ) 101 により、予め設定してある描画スケジュールに従って制御されるが、このとき、制御系 102 は電源供給系を備え、電子光学系 106 に必要な動作電源を供給する働きもする。

【0025】

電子光学系 106 は、電子源 105 から放出された電子ビーム 3 を電磁レンズで細く絞るビーム収束手段と、電子ビーム照射位置を試料 1 上で走査するビーム走査手段 107 を備え、試料 1 に電子ビームを照射し、予め設定してある描画スケジュールに従って回路パターンなどを描画する働きをする。

【0026】

このとき、ビーム偏向手段 107 に与える電子ビームの偏向量には、熱変形演算用計算機 103 を用いて電子ビーム照射量と照射位置から算出した偏向量が修正量として用いられ、これがこの実施形態の特徴であり、以下、この偏向量の算出について説明する。

【0027】

いま、試料 1 が周囲から断熱されている場合、電子線 105 から試料 1 に与えられた熱は、試料に対して熱膨張を及ぼし、以下の 3 種類の変形を与え、それぞれが電子ビーム照射位置ずれの原因となる。

【0028】

ここで、3 種類の変形とは、相似変形と非相似変形、それに反り返り変形(曲り又はわん曲)のことで、以下、これらについて具体的に説明する。

【0029】

<相似変形>

この相似変形とは、試料全体に均一に熱エネルギーが拡散し、全体として試料が膨張した結果、平面寸法が大きくなってしまう現象のことである。ここで、試料を構成する結晶の熱膨張力は、一般に、試料をステージに固定している力より

も強く、試料の固定によって強制的に熱膨張によるずれを抑えることは困難である。

【0030】

そこで、実用上は、図2に示すように、4側端を有する方形の試料1の場合、その一方の2側端を各々固定具202で位置決めして固定端とし、他方の2側端を自由にしたままにすることで、試料1上の任意の一点が熱膨張によって動き、固定端からの距離に応じた移動201が容易に現れるようにしている。

【0031】

そこで、いま、電子線の照射により、試料1に ΔT の温度上昇があったとすると、このとき、固定点からの距離が d である試料1上の或る一点は、線膨張率を α とした場合、

$$\Delta d = \Delta T d \alpha$$

だけ移動する。

【0032】

ここで、試料1の比熱を C_p 、密度を ρ とすると、試料1の平均温度上昇 ΔT は、描画によって試料に与えられた積算熱エネルギー E を用いて、

$$\Delta T = E / C_p \rho$$

と表わせるので、結局、この移動距離 Δd は、電子線から試料1に与えられた積算熱エネルギー E に比例し、

$$\Delta d = E d \alpha / C_p \rho$$

で与えられる。

【0033】

つまり、この単純化したモデルの場合、ある時刻に、試料1上の電子線がパターンを描くべき一点における熱膨張による移動距離と方向は、固定端を基点とした描画位置の相対位置と、電子線がそれまでに試料に与えた熱エネルギーの積算値によって一義的に求められることが判る。

【0034】

<非相似変形>

次に、非相似変形とは、試料が局所的に熱エネルギーを受け、試料が不均一的

に熱膨張した結果、平面形状が変化してしまう現象のことである。

【0035】

ここで、一般に、試料 1 には熱伝導率が存在し、図 3 に示すように、電子線によって試料 1 の一部(部分 302)に与えられた熱エネルギーは、有限の時間をかけて試料 1 の全体に拡散する。

【0036】

このため、図示のように、一定方向の線上 301 について描画を行った場合、まだ熱が伝わらない周辺部 303 の間に応力が生じつつ、全体として温度分布を持ち、固定具 202 による位置拘束のもとで一様でない膨張を行ない、平面形状が変わってしまうようになる。

【0037】

ところで、この作用については、描画順序及びパターン、電子線エネルギー及び電子線電流の時間的变化に依存するため、解析的に解を得ることはできず、全体の描画スケジュールに基づいた数値解を得るしかない。

【0038】

<反り返り変形>

また、反り返り変形(曲り)とは、試料が比較的厚く、電子線によって与えられた熱エネルギーが試料表面近くにとどまった場合、表面と裏面で熱膨張が異なって現われ、この結果、図 4 に示すように、試料が反り返って、電子線 3 の照射位置(図では中心部分)の周辺がステージから離れる方向に変形してしまう現象を指す。

【0039】

従って、これも熱膨張による変形的一种であるが、試料の厚み方向についての温度分布を考慮しなければならない点が異なり、変形も三次元的に現れる。

【0040】

この変形を把握するには、やはり数値解を得る必要があるが、単純化した描像の場合は、まず、試料上面 401 の平均温度を T_1 、試料下面 402 の平均温度を T_2 として、試料の厚さ t 、試料の直径 d 、試料の線膨張率を α とするとき、平面上に載置した試料の中央が、

$$s = d^2 (T_1 - T_2) / 8 t (T_2 - T_0 + 1 / \alpha)$$

だけ持ち上がった形になる。

【0041】

ここで、特に平均温度 $T_2 = T_0$ のときは、

$$s = d^2 (T_1 - T_0) \alpha / 8 t$$

となる。

【0042】

そして、このことは、電子線照射位置の照射平面からビーム照射軸方向へのずれを意味し、電子線の収束位置について多少の修正を必要とする場合がある。また、相似変形や非相似変形の場合と同様、電子線照射位置ずれについても、二次的な影響を及ぼす。

【0043】

そうすると、試料の温度分布が一様であるとした場合、つまり熱拡散速度が無限大の極限にあるとした場合、試料の熱膨張による描画位置の移動(変化)は、電子線による付与エネルギー総量の関数として簡単な式で表すことができる。

【0044】

しかし、電子ビームによる試料へのエネルギーの付与と、その拡散は、一般に過渡的な現象であり、従って、試料上での熱拡散を数値計算によって求め、試料上での温度分布を求めなければならない。

【0045】

そこで、本発明の実施形態では、一例として試料上での温度分布を、シミュレーションモデルを用いて求めるようにしており、以下、この手段について記述する。

【0046】

始めにシミュレーションのためのモデルを構築する。このため、まず、試料とステージがよく断熱されている場合、試料の熱収支は、電子ビームによるエネルギー付与と、その試料全体への拡散、及び試料室内へ向けた放射による熱伝達の3種の過程に限定されるものとする。

【0047】

過程 1：電子ビームによるエネルギー付与

試料に照射された電子ビームは、試料の照射部分周囲の狭い範囲にエネルギーを与え、大部分が試料に吸収される。この電子ビームの照射位置、照射時刻、照射強度は、予め試料に施すべき描画パターンとして、スケジュールを記したデータの形で電子線描画装置に付与されているものであり、従って完全に予測が可能である。

【0048】

過程 2：試料内での熱の拡散

試料がよく断熱されている場合、試料内の熱エネルギー不均衡を原因とする試料内の温度差は、温度勾配及び試料の熱伝導係数に応じて、よく知られた拡散式に従って、温度差を解消する方向に拡散する。

【0049】

これらの過程及びそれに要する時間は、古典的な描像によって高い精度で計算が可能で、また、それをコンピューターシミュレーション上で離散的に算出する手法も周知で、再現性よく確認された信頼性の高い技術となっている。

【0050】

過程 3：試料室内へ向けた放射による熱伝達

電子ビームによって加熱された試料は、真空の試料室の中に載置されているため、主として熱線放射(輻射)によってエネルギーを失い、ゆっくりと熱平衡状態に達する。この過程については、主として表面温度に依存する黒体放射を想定した量子力学的な式を用いて表わすことができ、過程 1 と過程 2 の補正項としては十分な精度で予測が可能となっている。

【0051】

次に数値計算について説明すると、ここでは、試料の表面で、ワンチップに相当するフィールド(通常、3 mm□程度)を、一辺が 100 μ m のサブフィールドに対応した領域に分割し、この領域を用いて数値計算を行う。

【0052】

この領域は、最小電子ビーム径(~ 100 nm)程度までの範囲で、小さくすればするほど計算精度は高まるが、反面、計算に要する時間は増加する。従って、

熱膨張による歪みの計算では、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度の領域分割が現実的である。

【0053】

このとき試料が厚く、ビーム軸方向の熱分布を考える必要がある場合には、この領域は三次元の立方体で構成されるものとし、三次元での熱伝導数値計算を更に行う必要がある。

【0054】

そして、まず、この領域には、シミュレーション上、ある時刻における温度と熱膨張後の大きさ(縦横長さ)がパラメーターとして与えられ、次に、ある時刻のビーム照射によるエネルギー付与により温度が上昇したとき(但し、その時刻に当該領域に電子ビーム照射が行われた場合)、単位時間後の新たな温度分布が拡散方程式の数値解として計算しなおされる。

【0055】

次に、理解を容易にするため、領域が一次元の場合について、図7を用いて説明する。ここで、まず、このときの試料が、横軸に場所 x 、縦軸に温度 T をとって示したグラフ701に示すような熱分布(ある熱分布)を持ったものとする。

【0056】

そして、次に、この試料に対して、グラフ702に示すように、電子ビーム704により、時刻 t においてエネルギー付与が起こったとすると、グラフ703に示すように、熱拡散705が起こり、時刻 $t + \Delta t$ には図示のような温度分布になる。

【0057】

これを各領域毎に見ると、いま、時刻 t において温度 $T(t, x)$ であった、ある領域について、時刻 $t + \Delta t$ になったときの当該領域の温度 $T(t + \Delta t, x)$ は、

$$T(t + \Delta t, x) = T(t, x) + \kappa (\Delta t / \Delta x^2) \{ T(t, x + \Delta x) - 2T(t, x) + T(t, x - \Delta x) \} + \{ W(t, x) / C_p \rho \} \Delta t$$

と計算される。

【0058】

ここで、 $\kappa = \lambda / C_p \rho$ 、 $W(t, x)$ はビームからのエネルギー付与を表わし、 C_p 、 ρ 、 λ はそれぞれ試料の比熱、密度、熱伝導率を示す。

【0059】

この数値計算によって、ある電子ビーム描画スケジュールに従った描画が行われている場合の、ある時刻における試料上の熱分布 $T(t, x, y, z)$ が得られることになる。

【0060】

次に、こうして得られた温度分布 $T(t, x, y, z)$ からビーム照射を行うべき位置の修正に必要なデータ(修正データ)を得るため、試料の熱膨張による歪みを計算する必要がある。このとき計算で用いる領域は、一般に互いに異なる温度 T を持ち、異なる熱膨張の大きさを持つため、領域群の集合としての試料については、各々の領域の熱応力を最小とするような変形を求める計算となる。

【0061】

この計算は、各々の平面での平均温度を求め、その平均温度での熱膨張の累積として描画位置移動を求めるこにより、簡単に得ることができる。

【0062】

例えば一次元で考えたときは、図5に示すように、ある位置 L の時刻 t における x 方向の熱膨張による移動 505 は、固定位置 504 を 0 とし、 xz 平面内にある領域の平均温度 $T_{-}(y)$ を求め、その熱膨張 $\Delta L(y)$ を、 y について足し合わせたものとなる。

【0063】

ここで、熱膨張 $\Delta L(y)$ は、

$$\Delta L(y) = \{T_{-}(y) - T_0\} \alpha / C_p \rho$$

で表わされる。

【0064】

y 方向の熱膨張についても同様の計算により求められ、本来の位置 502 に電子ビームを照射する場合、これからどれだけ修正した位置に実際の電子ビーム 503 を照射すべきかが、ビーム軸 501 からの偏向量 505 を表わす数値として得られることになる。

【0065】

ここで、反り返り変形を含めた更に精度の高い計算のためには、それぞれの領

域について、そこでの熱応力を最低化するように、拡散方程式を用いた数値計算を行い、熱膨張を計算することになる。

【0066】

以上により、電子線描画スケジュールに応じて、本来の電子線描画パターンからの熱膨張によるずれが数値として得られ、これを図1に示す電子線描画装置の電子ビーム偏向装置108に与える電圧乃至電流の修正項、つまり修正データとすることにより、熱膨張による試料上での描画位置ずれに応じた電子ビーム照射位置の修正を行うことができる。

【0067】

また、このとき、図1に示した電子線描画装置に限らず、熱膨張修正用の独自の電子ビーム偏向装置を備えた電子線描画装置の場合は、その装置のコントロール用数値としてこのデータを用いることにより、熱膨張による試料上での描画位置ずれに応じた電子ビーム照射位置の修正を行うことができる。

【0068】

本発明では、電子ビームによる試料への熱付与を、時間的な分布と位置的な分布、それに強度的な分布を夫々考慮しつつ予測し、ある1個の試料において、描画スケジュール上のある瞬間における当該試料の熱膨張を求め、電子ビーム偏向補正量を算出するため、与えられた描画パターン及び描画スケジュールを用いたコンピューターシミュレーションを使用する。

【0069】

そして、このシミュレーションに用いられる電算機(ワークステーション)は、電子線描画装置の内部又は外部に設けられ、描画スケジュールそのものとは独立して行われる。ここで、図1の実施形態の場合は、熱変形演算用計算機103がシミュレーションに使用される。

【0070】

得られた熱膨張によるずれの数値データは、ソフトウェア的に電子線描画装置の制御用ワークステーション、例えば図1の実施形態の制御用の計算機101に入力され、そこにある所定の記憶装置(メモリ)に格納され、予め設定してある描画スケジュールに従って実行される電子ビーム描画に際して、電子ビームの偏向

位置に対する修正データとして用いられる。

【0071】

このとき、得られたシミュレーション結果に残存する現実とのずれは、多数の電子線描画結果をフィードバックすることにより修正が可能であり、より現実に近い高い精度での熱膨張予測を行うことができる。

【0072】

ところで、上記したように、図1の実施形態の場合、予め熱変形演算用計算機103がシミュレーションにより修正データを計算しておき、得られた修正データは制御用計算機101の中にある所定の記憶装置(メモリ)に格納され、予め設定してある描画スケジュールに従って実行される電子ビーム描画に際して、電子ビームの偏向位置に対する修正データとして用いられる。

【0073】

これは、シミュレーションに要する計算速度と電子線描画速度とを比較して、前者が長時間にわたるためであるが、しかし、この修正データの計算は電子線描画と同時に行為れるのが理想的である。

【0074】

何故なら、試料に電子線を照射すると同時に仮想的にメモリ内の試料データにも熱付与が行われ、リアルタイムでシミュレーションが進行され、修正データを計算してゆくようにしてやれば、照射中の描画スケジュール変更や、一旦停止などにも対応することができ、柔軟性の高いシステムが得られるからである。

【0075】

そこで、以下、このように電子線描画と同時にシミュレーションを実行するようにし、これにより、照射中の描画スケジュール変更や、一旦停止などにも対応することができるようにした本発明の一実施形態について説明する。

【0076】

なお、このため、この実施形態の場合は、そこで使用される描画スケジュールが、単に「予め設定してある描画スケジュール」というにとどまらず、「予め設定されるが変更も可能な描画スケジュール」として定義されるものとなる。

【0077】

図6は、この実施形態による処理の一例を示すフローチャートで、この実施形態の場合、まず、ステップ601では、電子線描画装置本体650に対する試料のロードを行う。

【0078】

このとき、この電子線描画装置本体650は、図1に示した実施形態における電子光学系106を意味するものと考えてよく、この場合、試料のロードとは、試料交換装置109により、試料1を真空容器108内の試料保持機構2の上に載置させることを意味する。

【0079】

ステップ602では、ロードした試料の温度測定を行い、試料の初期温度分布データ614を作成し、ビーム偏向補正量演算装置651に供給する。ここで、このビーム偏向補正量演算装置651は、図1に示した実施形態における熱変形演算用計算機103であると考えてよい。

【0080】

また、このときの試料の温度は、試料保持機構2の温度と同じであると見なすことができるので、試料保持機構2に設けてある温度検出器から取り込むのが一般的である。

【0081】

ビーム偏向補正量演算装置651では、ステップ609で、このデータを用いて試料の温度分布記憶装置の初期化を行う。ここで、ここまでのステップは、試料の温度が試料保管中に十分一様に保たれ、ステージの温度がこれと同じに保たれていた場合には省略することもできる。

【0082】

ステップ603で描画スケジュールに従って電子ビームによる試料の描画を開始する。このときの描画ビーム強度データと描画位置データ615は、常時、試料温度分布記録装置651に受け渡され、ステップ610とステップ611の処理として、試料の現在の温度分布を常に演算しつつ、記録している。

【0083】

一方、電子線描画装置本体650では、描画終了判定605で描画続行となっ

た場合、ステップ606に移行し、次に電子ビームを照射すべき位置616を描画スケジュールから取得し、ビーム偏向補正量演算装置651に受け渡す。

【0084】

そこで、ステップ613で、この位置616に基づいてビーム照射位置の補正量を計算し、計算したビーム偏向補正量617を修正データとして電子線描画装置本体650に返す。そして、ステップ607でビーム偏向を補正し、ステップ604に戻って次の描画を行う。

【0085】

そして、描画が終了したときには、ステップ605からステップ608に移行し、試料を排出して描画を終了する。

【0086】

この実施形態によれば、電子線の照射量と照射位置をモニタしながらリアルタイムで修正データが計算されるので、照射スケジュールが途中で変更されたときにも柔軟に対応することができる。これは、例えば描画中、電子線源が動作停止し、描画の一部が抜けてしまった場合でも対応できることを意味している。

【0087】

この場合、例えば反射電子の存在などにより、試料に対する電子線の照射をモニタしていれば、電子線の照射がとぎれたことによる試料の温度変化が判り、この変化に追従して現実的な温度分布が算出できることを意味する。

【0088】

ここで、このような描画の一部が抜けてしまったという、電子線抜けともいえるべき状態を解消するためには、電子線を再度照射するなどの処理を行えばよいが、この実施形態によれば、照射スケジュールの途中変更ができるので、容易に対応することができる。

【0089】

本発明は、上記したように、試料の温度上昇にかかわらず高い精度の電子線描画を行う装置の実現が目的であり、このことは、上記実施形態の場合、電子線による不可避免的な試料の温度上昇による位置精度の悪化を防止するため、試料の温度分布を実際に測定することなく高精度で推測し、得られた温度分布に合わせて

電子線の偏向をコントロールすることにより達成されている。

【0090】

より具体的には、上記実施形態の場合、電子線の照射量及び照射位置分布、照射時刻により異なる試料の温度分布、不均一膨張に連動して、最適な照射位置ずらし量を取得する電子線描画装置を提供することができる。

【0091】

また、上記実施形態によれば、熱的に遮断された試料の熱膨張が高精度で予測でき、それにより、電子ビームによる熱膨張にもかかわらず、高精度で電子線描画を行うことができるので、試料ステージの熱的設計を容易にし、位置決定の機械的精度に関して、より良いステージの設計を可能にする。

【0092】

また、本発明の場合、シミュレーション速度が向上するにしたがって、ひとつの試料についての照射スケジュールの変更にも柔軟な電子線照射位置の補正が可能になり、特に断続的な照射についても、柔軟な電子線照射位置の補正が可能になる。

【0093】

【発明の効果】

本発明によれば、半導体ウェハ等試料に電子線を照射してパターン回路等を描画する電子線描画装置において、試料の熱膨張による描画ずれへの影響を最小限に抑え、精度の高い描画を行う電子線描画装置及び描画方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による電子線描画装置の一実施形態を示すブロック図である。

【図2】

試料ステージ上での試料の位置決め状況を説明するための平面図である。

【図3】

試料の不均一変形の一例を説明するための平面図である。

【図4】

試料の反り返り変形の一例を説明するための断面図である。

【図 5】

本発明の一実施形態による電子線の照射位置修正方法の一例を説明するための概念図である。

【図 6】

本発明の一実施形態における処理手順を表すフローチャートである。

【図 7】

本発明の一実施形態における熱拡散計算の概略を表す概念図である。

【符号の説明】

- 1 試料
- 2 試料保持機構(試料固定台)
- 3 電子線
 - 1 0 1 制御用計算機
 - 1 0 2 電源(制御系)
 - 1 0 3 熱変形演算用計算機
 - 1 0 4 試料ステージ
 - 1 0 5 電子線源
 - 1 0 6 電子光学系
 - 1 0 7 電子線偏向装置
 - 1 0 8 試料室
 - 1 0 9 試料ローダ
- 2 0 1 試料の熱膨張
- 2 0 2 試料固定具
- 3 0 1 電子線照射位置の移動を示す矢印
- 3 0 2 試料の高温部分
- 3 0 3 試料の低温部分
- 4 0 1 試料の高温部分
- 4 0 2 試料の高温部分
- 5 0 1 電子線の照射軸

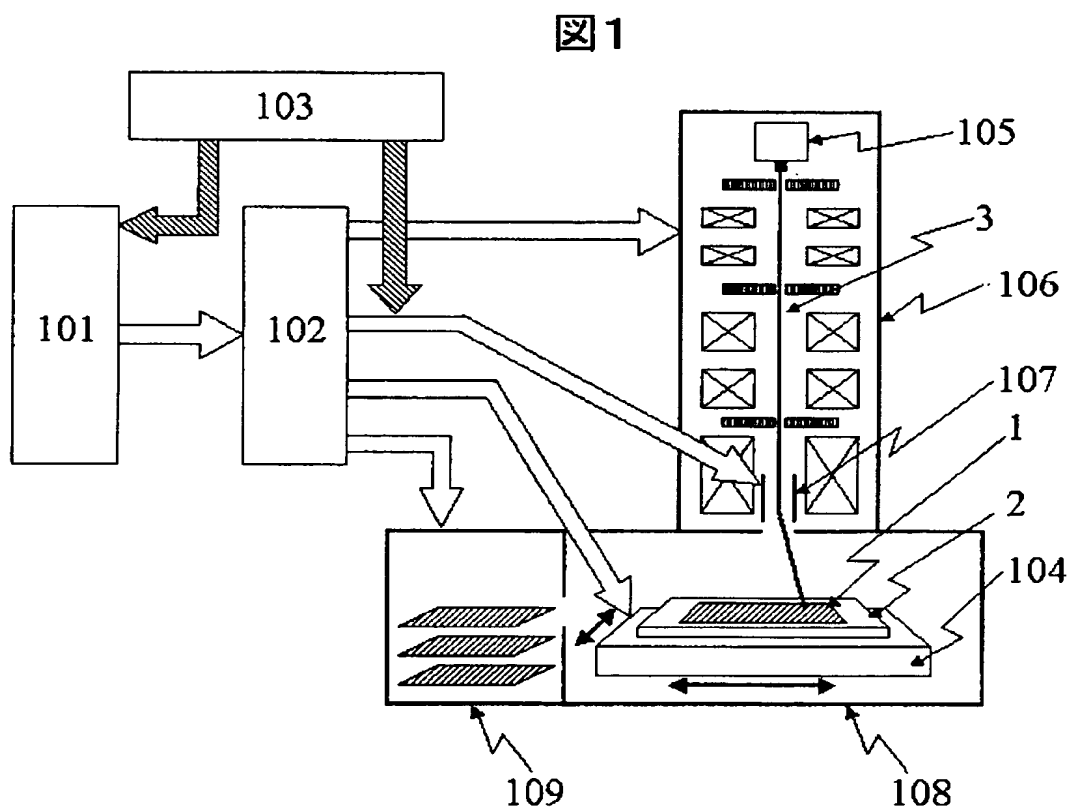
- 502 熱による変形が存在しない場合の電子線照射経路
- 503 熱による変形を考慮し変更された電子線照射経路
- 504 試料固定端
- 505 試料の熱膨張
- 601 試料をステージ上にロードするステップ
- 602 試料の温度分布を測定するステップ
- 603 描画を開始するステップ
- 604 描画を行うステップ
- 605 描画終了を判定するステップ
- 606 次の照射位置を取得するステップ
- 607 ビーム偏向量を補正するステップ
- 608 試料を排出し描画を終了するステップ
- 609 試料の初期温度分布を用いて記憶を初期化するステップ
- 610 ビーム強度と描画位置に応じて付加されたエネルギーを温度分布に加算するステップ
- 611 熱伝導による試料内の熱拡散を演算によって求めるステップ
- 612 得られた結果を試料の新たな温度分布として記憶するステップ
- 613 ビーム照射位置に応じて現在の熱分布による移動先を演算によって求めるステップ
- 614 データとして受け渡される試料の初期温度分布
- 615 データとして受け渡される電子ビーム照射位置及び電子ビーム照射強度
- 616 データとして受け渡される次のビーム照射位置
- 617 データとして受け渡される電子ビーム偏向の補正量
- 650 電子線描画装置本体
- 651 ビーム偏向補正量演算装置
- 701 時刻 t における試料の温度分布
- 702 時刻 t における試料への電子線照射を考慮した温度分布
- 703 時刻 $t + \Delta t$ における試料の温度分布

7 0 4 電子線照射による温度変化

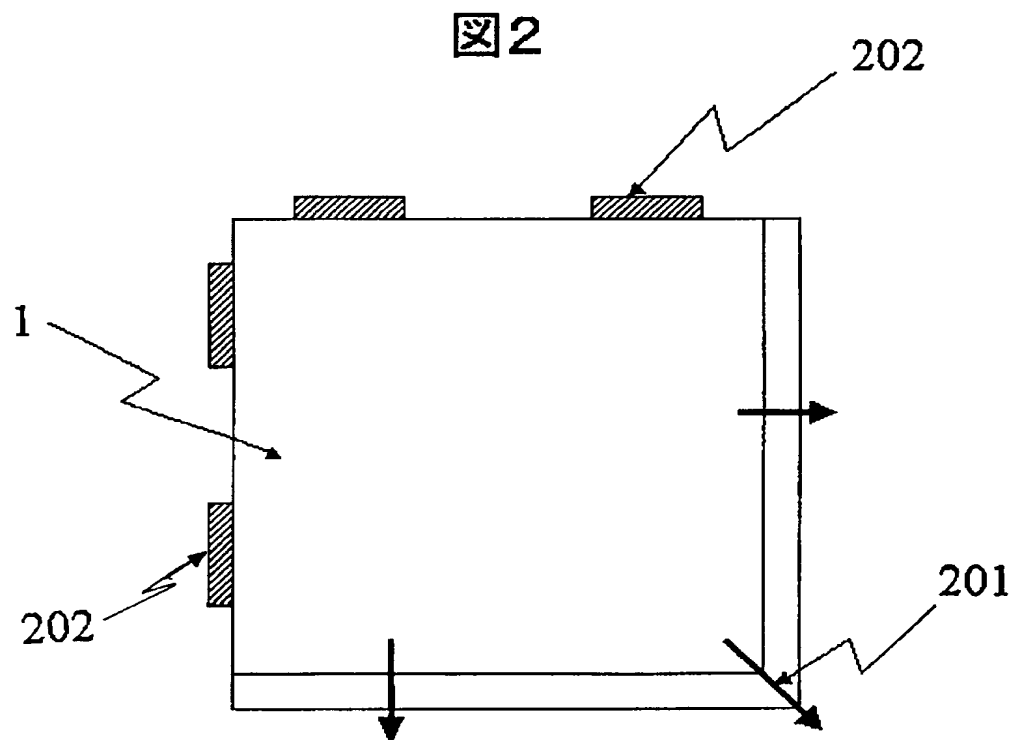
7 0 5 試料内の熱拡散による温度上昇

【書類名】 図面

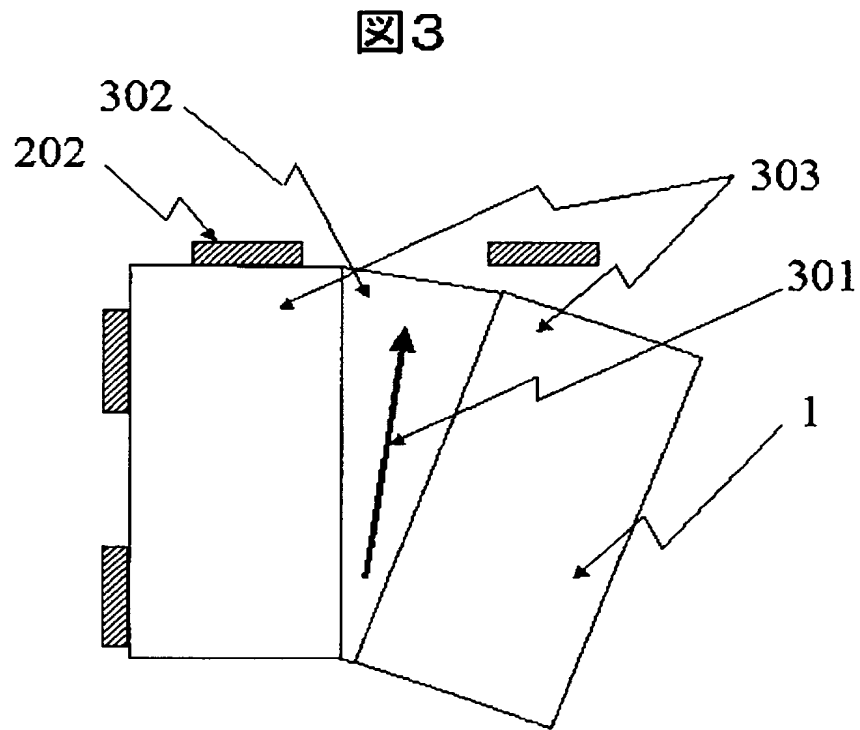
【図 1】



【図 2】

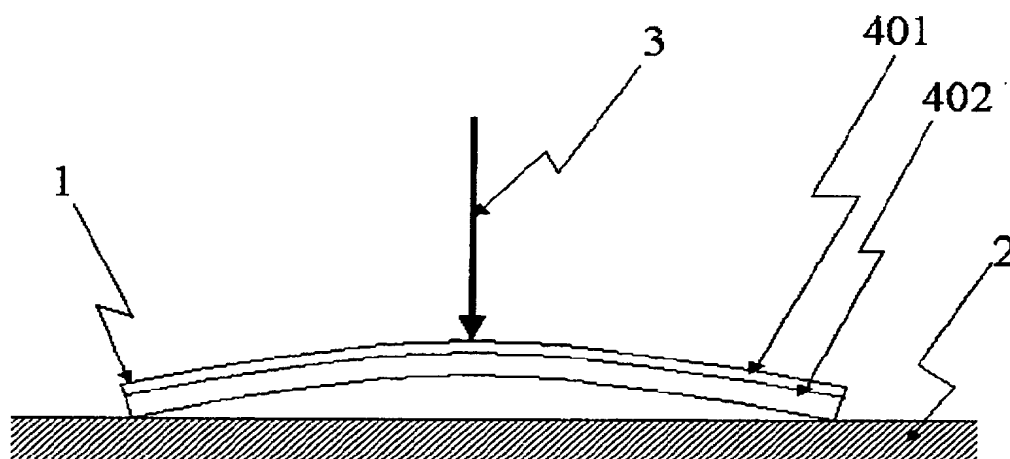


【図 3】

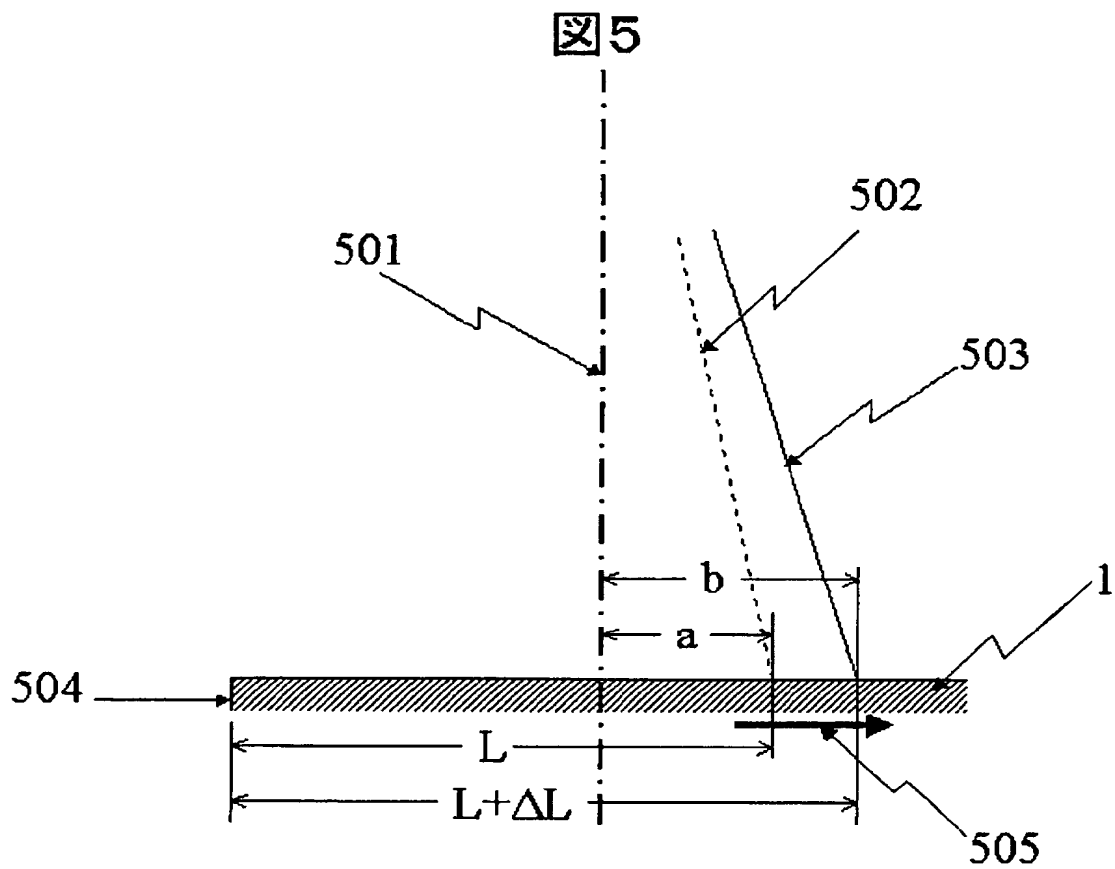


【図 4】

図 4

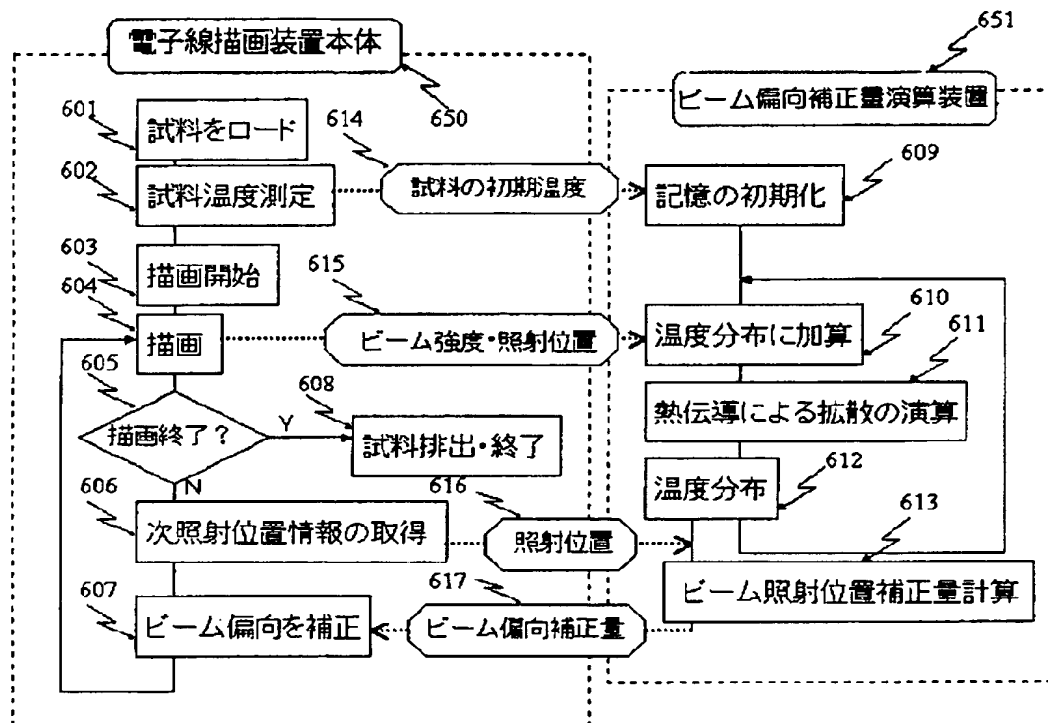


【図 5】



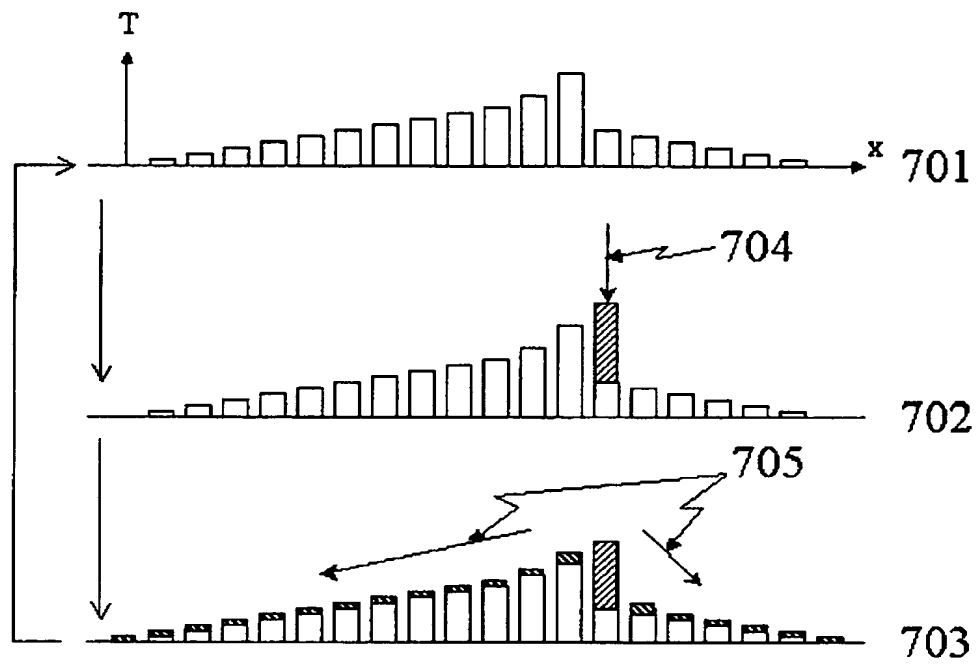
【図 6】

図6



【図 7】

図 7



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料の熱膨張による描画ずれを抑え、精度の高い描画が容易に得られるようにした電子線描画装置と電子線描画方法を提供すること。

【解決手段】 電子光学系 1 0 6 と試料室 1 0 8 を備え、試料 1 に電子線 3 により回路パターンなどを描画するようにした電子線描画装置において、制御用計算機 1 0 1 の外に熱変形演算用の計算機 1 0 3 を設け、電子線 3 の照射により試料 1 の温度が上昇し、熱変形して発生したずれ量を、電子線 3 の照射量から計算し、電子線偏向装置 1 0 7 に供給されるべき描画スケジュールに対する修正データとすることにより、熱変形の影響を相殺するようにしたものの。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 8 9 8 7 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 3 8 7 8 3 9]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 1 0 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号

氏 名

株式会社日立ハイテクノロジーズ